

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

54

(11)Publication number : 2000-121933

(43)Date of publication of application : 28.04.2000

(51)Int.Cl.

G02B 13/24

G03F 7/20

H01L 21/027

(21)Application number : 10-290584

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 13.10.1998

(72)Inventor : HATADA HITOSHI

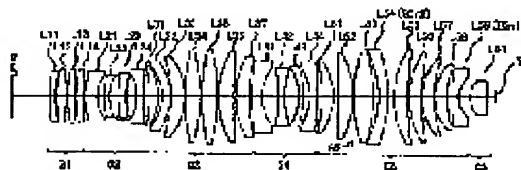
(54) PROJECTION OPTICAL SYSTEM, EXPOSURE DEVICE PROVIDED WITH THE SYSTEM AND PRODUCTION OF DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a projection exposing optical system securing a satisfactory exposing range and having large numerical aperture by arranging a specified positive meniscus lens between 1st and 2nd lenses in a 5th lens group.

SOLUTION: When the synthetic focal distance of at least five positive lenses in the 3rd lens group G3 is defined as F3a and the focal distance of a 3rd lens group G3 is defined as F3, the optical system satisfies a conditional expression  $1.0 < F3a/F3 < 3.0$ .

When it is assumed that the synthetic focal distance of at least four positive meniscus lenses in the 5th lens group G5 is F5a and the focal distance of the 5th lens group G5 is F5, the system satisfies a conditional expression  $1.0 < F5a/F5 < 5.0$ . Furthermore, when it is assumed that the synthetic focal distance of at least five positive lenses in the 3rd lens group G3 is F3a and the synthetic focal distance of at least four positive meniscus lenses in the 5th lens group G5 is F5a, the system satisfies a conditional expression  $0.5 < F3a/F5a < 5.0$ .



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-121933

(P2000-121933A)

(43) 公開日 平成12年4月28日 (2000. 4. 28)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームコード (参考)
G 0 2 B 13/24		G 0 2 B 13/24	2 H 0 8 7
G 0 3 F 7/20	5 2 1	G 0 3 F 7/20	5 2 1 5 F 0 4 6
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 1 5 D 9 A 0 0 1

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願平10-290584

(22) 出願日 平成10年10月13日 (1998. 10. 13)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 畑田 仁志

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

F ターム (参考) 2H087 KA21 LA01 NA02 NA04 PA15

PA17 PB20 QA02 QA06 QA17

QA21 QA25 QA32 QA42 QA45

RA32 UA03

5F046 AA05 BA04 CA02 CA04 CA08

CB12 CB25

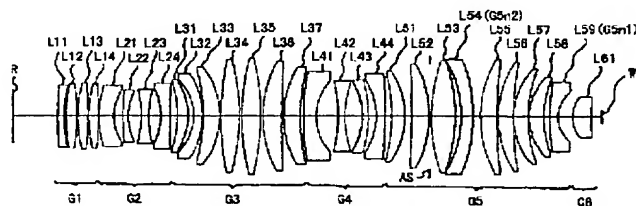
9A001 BB06 KK16

(54) 【発明の名称】 投影光学系及びそれを備えた露光装置並びにデバイス製造方法

(57) 【要約】

【課題】 十分な露光範囲と大きな開口数との双方を実現する

【解決手段】 第1物体Rの像を第2物体W上に形成する投影光学系は、第1物体側から順に、正の第1レンズ群G1と、負の第2レンズ群G2と、正の第3レンズ群G3と、負の第4レンズ群G4と、正の第5レンズ群G5と、正の第6レンズ群G6とを備える。第3レンズ群は、連続して配置された少なくとも5枚の正レンズを含み、第5レンズ群は、最も第2物体側の第1負レンズG5n1と、この第1負レンズG5n1よりも第1物体側の第2負レンズG5n2と、これら第1及び第2負レンズの間に位置する少なくとも4枚の第2物体側に凹の正メニスカスレンズとを有する。この構成において、第3レンズ群中の少なくとも5枚の正レンズのパワーと、第5レンズ群中の少なくとも4枚の正レンズのパワーとを規定した。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】第1物体の像を第2物体上に形成する投影光学系において、

前記第1物体側から順に、

正のパワーを有する第1レンズ群と；負のパワーを有する第2レンズ群と；連続して配置された少なくとも5枚の正レンズを含み、正のパワーを有する第3レンズ群と；負のパワーを有する第4レンズ群と；少なくとも2枚の負レンズを含み、全体として正のパワーを有する第5レンズ群と；正のパワーを有する第6レンズ群と；を備え、

前記第5レンズ群の前記少なくとも2枚の負レンズは、前記第5レンズ群中で最も第2物体側に配置される第1の負レンズと、該第1の負レンズよりも第1物体側に配置される第2の負レンズとを含み、

前記第5レンズ群中の前記第1の負レンズと前記第2の負レンズとの間には、少なくとも4枚の第2物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズが配置され、

以下の条件式を満足することを特徴とする投影光学系。

$$1. \quad 0 < F3a / F3 < 3. \quad 0$$

$$1. \quad 0 < F5a / F5 < 5. \quad 0$$

$$0. \quad 5 < F3a / F5a < 5. \quad 0$$

$$PEN / TT > 5$$

但し、

F3a：前記第3レンズ群中の前記少なくとも5枚の正レンズの合成焦点距離、

F3：前記第3レンズ群の焦点距離

F5a：前記第5レンズ群中の前記少なくとも4枚の正メニスカスレンズの合成焦点距離、

F5：前記第5レンズ群の焦点距離、

PEN：最も第1物体側に位置するレンズの第1物体側面から近軸入射瞳位置までの距離、

TT：第1物体から第2物体までの光軸に沿った距離、である。

【請求項2】前記投影光学系の像側最大開口数をNAとしたとき、 $NA > 0.68$ を満足することを特徴とする請求項1記載の投影光学系。

【請求項3】前記第1レンズ群は少なくとも3枚以上の正レンズを含み、前記第2レンズ群は少なくとも4枚の負レンズを含み、前記第3レンズ群は少なくとも3枚以上のレンズ群を含み、前記第4レンズ群は少なくとも3枚の負レンズ群を含み、前記第5レンズ群は少なくとも6枚の正レンズを含み、前記第6レンズ群は少なくとも1枚の負レンズを含むことを特徴とする請求項1または請求項2記載の投影光学系。

【請求項4】以下の条件を満足することを特徴とする請求項1乃至請求項3の何れか一項記載の投影光学系。

$$0. \quad 13 < F1 / TT < 0. \quad 16$$

$$0. \quad 070 < -F2 / TT < 0. \quad 056$$

$$0. \quad 108 < F3 / TT < 0. \quad 114$$

$$0. \quad 055 < -F4 / TT < 0. \quad 061$$

$$0. \quad 087 < F5 / TT < 0. \quad 095$$

$$0. \quad 14 < F6 / TT < 0. \quad 15$$

但し、

F1：前記第1レンズ群の焦点距離、

F2：前記第2レンズ群の焦点距離、

F3：前記第3レンズ群の焦点距離、

F4：前記第4レンズ群の焦点距離、

F5：前記第5レンズ群の焦点距離、

F6：前記第6レンズ群の焦点距離、

TT：第1物体から第2物体までの光軸に沿った距離、である。

【請求項5】以下の条件を満足することを特徴とする請求項1乃至請求項4の何れか一項記載の投影光学系。

【数1】

$$10. \quad 3 < \frac{E\phi}{Hi + 0.01 \times TT \times \tan(\sin^{-1}(NA))} < 12. \quad 0$$

但し、

Eφ：前記投影レンズの最大有効径

Hi：第2物体上の最大像高

NA：前記投影レンズの像側最大開口数

である。

【請求項6】投影原版上のパターンを感光性基板上へ投影する投影露光装置において、

狭帯化された光を供給する光源と；該狭帯化された光により前記投影原版を照明する照明光学系と；請求項1乃至請求項5の何れか一項記載の投影光学系と；を備え、前記投影光学系は、前記第1面上に前記投影原版が位置し、かつ前記第2面上に前記感光性基板が位置するように位置決めされ、

前記投影光学系を構成するレンズの材質は、単一種類であることを特徴とする投影露光装置。

【請求項7】所定の回路パターンが描かれた原版を紫外域の露光光で照明する工程と、請求項1乃至請求項5のいずれか一項記載の投影光学系を用いて前記照明された原版の像を基板上に形成する工程とを含むことを特徴とするデバイス製造法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明が属する技術分野】本発明は、半導体素子や液晶表示素子等を製造するためのリソグラフィ工程中において、投影原版上のパターンを基板上に転写する際に使用される投影露光装置、この投影露光装置に好適な投影光学系、及びこの投影露光装置を用いたデバイス（半導体素子、撮像素子、液晶表示素子、薄膜磁気ヘッド等）の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来において、上述の如き投影露光装置に用いられる投影光学系に好適な光学系としては、例えば特開平9-105861号公報などに開示されているものが知

られている。この特開平9-105861号公報に開示される投影光学系は、物体側及び像側の双方が実質的にテレセントリックとなっている光学系である。

#### 【0003】

【発明が解決しようとする課題】近年においては、製造されるデバイスにおけるパターンの微細化が進むに従って、より細かいパターンを形成するための高解像な投影光学系が求められている。従って、露光光の波長を短波長化して解像度の向上を図った露光装置においても、より大きな開口数を達成して更に解像度の向上を図ることが要求されている。

【0004】そこで、本発明は、十分な露光範囲を有しつつ、大きな開口数を持つ投影露光光学系を提供することを目的とする。

#### 【0005】

【課題を解決するための手段】上述の目的を達成するために、本発明の請求項1にかかる投影露光光学系は、例えば図1に示す如く、第1物体Rの像を第2物体W上に形成する投影光学系であって、第1物体側から順に、正のパワーを有する第1レンズ群G1と；負のパワーを有する第2レンズ群G2と；連続して配置された少なくとも5枚の正レンズを含み、正のパワーを有する第3レンズ群G3と；負のパワーを有する第4レンズ群G4と；少なくとも2枚の負レンズを含み、全体として正のパワーを有する第5レンズ群G5と；正のパワーを有する第6レンズ群G6と；を備える。そして、第5レンズ群G5の少なくとも2枚の負レンズは、第5レンズ群G5中で最も第2物体W側に配置される第1の負レンズG5n1と、この第1の負レンズG5n1よりも第1物体R側に配置される第2の負レンズG5n2とを含み、第5レンズ群G5中の第1の負レンズG5n1と第2の負レンズG5n2との間には、少なくとも4枚の第2物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズが配置される。そして、以下の条件式を満足する。

$$(1) \quad 1.0 < F3a/F3 < 3.0$$

$$(2) \quad 1.0 < F5a/F5 < 5.0$$

$$(3) \quad 0.5 < F3a/F5a < 5.0$$

$$(4) \quad PEN/TT > 5$$

但し、

F3a：第3レンズ群G3中の少なくとも5枚の正レンズの合成焦点距離、

F3：第3レンズ群G3の焦点距離、

F5a：第5レンズ群G5中の少なくとも4枚の正メニス

カスレンズの合成焦点距離、

F5：第5レンズ群G5の焦点距離、

PEN：最も第1物体R側に位置するレンズの第1物体側のレンズ面から近軸入射瞳位置までの距離、

TT：第1物体Rから第2物体Wまでの光軸に沿った距離、である。

【0006】また、本発明の請求項2にかかる投影光学系は、請求項1記載の投影光学系において、投影光学系の像側最大開口数をNAとしたとき、 $NA > 0.68$ を満足するものである。また、本発明の請求項3にかかる投影光学系は、請求項1または請求項2の投影光学系において、第1レンズ群G1は少なくとも3枚以上の正レンズを含み、第2レンズ群G2は少なくとも4枚の負レンズを含み、第3レンズ群G3は少なくとも3枚以上のレンズ群を含み、第4レンズ群G4は少なくとも3枚の負レンズ群を含み、第5レンズ群G5は少なくとも6枚の正レンズを含み、第6レンズ群G6は少なくとも1枚の負レンズを含むものである。

【0007】また、本発明の請求項4にかかる投影光学系は、請求項1～請求項3の何れかの投影光学系において、以下の条件式を満足するものである。

$$(5) \quad 0.13 < F1/TT < 0.16$$

$$(6) \quad 0.070 < -F2/TT < 0.056$$

$$(7) \quad 0.108 < F3/TT < 0.114$$

$$(8) \quad 0.055 < -F4/TT < 0.061$$

$$(9) \quad 0.087 < F5/TT < 0.095$$

$$(10) \quad 0.14 < F6/TT < 0.15$$

但し、

F1：第1レンズ群G1の焦点距離、

F2：第2レンズ群G2の焦点距離、

F3：第3レンズ群G3の焦点距離、

F4：第4レンズ群G4の焦点距離、

F5：第5レンズ群G5の焦点距離、

F6：第6レンズ群G6の焦点距離、

TT：第1物体Rから第2物体Wまでの光軸に沿った距離（物像間距離）、

である。

【0008】また、本発明の請求項5にかかる投影光学系は、請求項1～請求項4の何れかの投影光学系において、以下の条件式を満足するものである。

#### 【0009】

#### 【数2】

$$(11) \quad 10.3 < \frac{E\phi}{Hi + 0.01 \times TT \times \tan(\sin^{-1}(NA))} < 12.0$$

【0010】但し、

Eφ：投影光学系の最大有効径

Hi：第2物体上の最大像高

NA：投影光学系の像側最大開口数

である。

【0011】また、本発明の請求項6にかかる投影露光装置は、例えば図7に示す如く、投影原版R上のパターンを感光性基板W上へ投影する投影露光装置であって、狭帯化された光を供給する光源Lと；この狭帯化された光により投影原版を照明する照明光学系ISと；請求

項1乃至請求項5の何れか一項記載の投影光学系PLと；を備え、投影光学系PLは、第1面上に投影原板が位置し、かつ第2面上に感光性基板が位置するように位置決めされ、投影光学系PLを構成するレンズの材質が単一種類である。

【0012】また、本発明の請求項7にかかるデバイス製造方法は、所定の回路パターンが描かれた原板を紫外域の露光光で照明する工程と、請求項1乃至請求項6のいずれか一項記載の投影光学系を用いて照明された原板の像を基板上に形成する工程とを含むものである。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明にかかる投影光学系について図1を参照して説明する。正の屈折力を有する第1レンズ群G1は、第1物体面Rからテレセントリックに出射した光束を開口絞りASへと導くために必要な光学系であると同時に、第2、第4レンズ群G2、G4で発生する負のディストーションを補償する働きをする。負の屈折力を有する第2レンズ群G2は、第4レンズ群G4とともにベッツバル和を負の方向に補正する働きを持つ。第3レンズ群G3は、第5レンズ群G5及び第6レンズ群G6と共に物体の実像を形成させるための正の屈折力を有している。第4レンズ群G4は、上述のように負のベッツバル和を発生させるとともに、第3、第5および第6レンズ群G3、G5、G6によって発生する負の球面収差を補正する働きを持つ。

【0014】さて、第2物体側から考えると、第6レンズ群G6は、大きな開口数の光束を無理なく正の屈折力の第5レンズ群G5へ導くための適切な正のパワーを有している。第5レンズ群G5は、上述のように正の屈折力を持ち、第4レンズ群G4との組み合わせによって大きな開口数の光束を良好な収差状態で結像させる機能を有している。

【0015】本発明では第5レンズ群G5において、最も第2物体側に配置される第1の負レンズG5n1の第1物体側には、凹面を第2物体側に向けた少なくとも4枚の正メニスカスレンズが配置されている。これら少なくとも4枚の正メニスカスレンズを通過する光束は、投影光学系の第2物体側の開口数が大きいために大きな開口数を有することになり、この位置でのレンズ面に対する光線の角度は大きくなる。そこで、本発明では、この位置に置かれるレンズを、第2物体側に凹面を向けたメニスカス形状のレンズとして光線を緩やかに曲げて、収差発生を抑えている。

【0016】また、本発明では、第3レンズ群G3中に少なくとも5枚の正レンズを配置することによって、第5レンズ群G5の正のパワーを補い、かつベッツバル和を適正に補正する働きをさせている。なお、本発明においては、第2レンズ群G2は少なくとも2組の互いに向かい合う凹面の組を有することが好ましく、また、第4レンズ群G4は少なくとも1組の互いに向かい合う凹

面の組を有することが好ましい。この構成は、適切な位置に負のパワーの集合体を配置することを意味し、これによって、より効果的にベッツバル和の補正を行うことが可能となる。

【0017】さて、本発明では、第3レンズ群G3中の少なくとも5枚の正レンズの合成焦点距離をF3aとし、第3レンズ群G3の焦点距離をF3とすると、以下の条件式(1)を満足することが好ましい

$$(1) \quad 1. \quad 0 < F3a/F3 < 3.0$$

この条件式(1)は、正のパワーを持つ第3レンズ群G3と第3レンズ群中に配置される少なくとも5枚の正レンズとの適切なパワー配分の関係を示しており、縮小投影するために原板の広い範囲に描かれたパターンをディストーションの良好に補正された像として結像するための条件である。この条件式(1)の上限を越えると、相対的に第3レンズ群G3全体のパワーが強くなることを意味しており、正のディストーションと内コマが大きく発生してそれらを良好に補正することが難しくなるため好ましくない。また、条件式(1)の下限を越えると、相対的に第3レンズ群G3の正のパワーが弱くなることを意味しており、このときには負のディストーションが発生しこれを良好に補正することが難しくなるため好ましくない。

【0018】また、本発明においては、第5レンズ群G5中の少なくとも4枚の正メニスカスレンズの合成焦点距離をF5aとし、第5レンズ群G5の焦点距離をF5とすると、以下の条件式(2)を満足することが好ましい。

$$(2) \quad 1. \quad 0 < F5a/F5 < 5.0$$

この条件式(2)は、正のパワーを持つ第5レンズ群G5と第5レンズ群中の少なくとも4枚の正メニスカスレンズとの適切なパワー配分の関係を示しており、縮小投影するために原板の広い範囲に描かれたパターンをディストーションの良好に補正された像として結像するための条件である。この条件式(2)の上限を越えると、相対的に第5レンズ群G5全体のパワーが強くなることを意味しており、正のディストーションと内コマが大きく発生してそれらを良好に補正することが難しくなるため好ましくない。また、条件式(2)の下限を越えると、相対的に第5レンズ群G5の正のパワーが弱くなることを意味しており、負のディストーションが発生しこれを良好に補正することが難しくなるため好ましくない。

【0019】また、本発明においては、第3レンズ群G3中の少なくとも5枚の正レンズの合成焦点距離をF3aとし、第5レンズ群G5中の少なくとも4枚の正メニスカスレンズの合成焦点距離をF5aとすると、以下の条件式(3)を満足することが好ましい。

$$(3) \quad 0.5 < F3a/F5a < 5.0$$

この条件式(3)は、第3レンズ群G3から第5レンズ群G5まで光束を導く際に、各レンズ群の有効径を小さ

く抑えつつ、大きな開口数の光束とするための条件である。この条件式(3)の上限を越える場合、第3レンズ群G3の正のパワーが強いことを意味しており、全体の系に対してこの部分系(第3レンズ群G3)が物理的に大きくなる。従って、第3レンズ群G3におけるレンズ径が大きくなり、コストの増大を招くため好ましくない。一方、条件式(3)の下限を越える場合、第5レンズ群G5の正のパワーが強くなることを意味しており、全体の系に対してこの部分系(第5レンズ群G5)が物理的に大きくなる。従って、第5レンズ群G5におけるレンズ径が大きくなり、コストの増大を招くため好ましくない。

【0020】また、本発明においては、最も第1物体W側に位置するレンズの第1物体側のレンズ面から近軸入射瞳位置までの距離をPENとし、物像間距離(第1物体から第2物体までの光軸に沿った距離)をTTとすると

$$(4) \quad \text{PEN} / \text{TT} > 5$$

を満足することが好ましい。この条件式(4)は第1及び第2物体側において実質的にテレセントリックな光学系とするための条件であり、条件式(4)の下限を下回ると、テレセントリシティーが悪くなってしまうため好ましくない。

【0021】さて、本発明においては、以下の条件式(5)～(10)を満足することが望ましい。

$$\begin{aligned} (5) \quad & 0.13 < F1 / \text{TT} < 0.16 \\ (6) \quad & 0.070 < -F2 / \text{TT} < 0.056 \\ (7) \quad & 0.108 < F3 / \text{TT} < 0.114 \\ (8) \quad & 0.055 < -F4 / \text{TT} < 0.061 \\ (9) \quad & 0.087 < F5 / \text{TT} < 0.095 \\ (10) \quad & 0.14 < F6 / \text{TT} < 0.15 \end{aligned}$$

但し、

F1 : 第1レンズ群G1の焦点距離、

F2 : 第2レンズ群G2の焦点距離、

F3 : 第3レンズ群G3の焦点距離、

F4 : 第4レンズ群G4の焦点距離、

F5 : 第5レンズ群G5の焦点距離、

F6 : 第6レンズ群G6の焦点距離、

TT : 第1物体Rから第2物体Wまでの光軸に沿った距離(物像間距離)、

である。

$$(11) \quad 10.3 < \frac{E\phi}{H_i + 0.01 \times \text{TT} \times \tan(\sin^{-1}(\text{NA}))} < 12.0$$

【0027】上記条件式(11)は、本発明の投影光学系において、十分な光学性能を達成するための光軸方向と光軸垂直方向との適切なスケールファクターを規定するものである。条件式(11)の上限を越える場合には、全長に対してレンズ径が大きくなり、特に正レンズ群である第1レンズ群G1、第3レンズ群G3、第5レンズ群G5または第6レンズ群G6のレンズ径が大きくなり、他のレンズ群のスペースが小さくなる。その結果、収差補正に十分なレンズ配置を実現できなくなり、十分な光学性能を達成できなくなるので好ましくない。また、条件式(11)の下限を越える場合には、負のパワーのレンズ群に対して、正レンズ群である第1レンズ群G1、第3レンズ群G3、第5レンズ群G5または第6レンズ群G6のパワーが大きくなり、高次の球面収

【0022】上記条件式(5)～(10)は、各レンズ群の適正なパワーを規定するものである。条件式(5)の上限を越える場合には、第1レンズ群G1において、第2及び第4レンズ群G2、G4で発生する負のディストーションを補正しきれないため好ましくない。条件式(5)の下限を越えると、高次の正のディストーションが発生する原因となるため好ましくない。

【0023】条件式(6)の上限を越える場合には、ペッツバル和の補正が不十分となり、像の平坦性の悪化を招くため好ましくない。また、条件式(6)の下限を越えると、正のディストーションの発生が大きくなり、良好な補正が困難となるため好ましくない。条件式

(7)の上限を越える場合には、この第3レンズ群G3と第2レンズ群G2とで形成する逆望遠系のテレ比が大きくなり、全系の長大化を招き、また第3レンズ群における正のディストーションの発生量が小さくなり、第2及び第4レンズ群G2、G4で発生する負のディストーションの補正が難しくなるため好ましくない。一方、条件式(7)の下限を越えると、高次の球面収差およびコマが発生し、像の悪化を招くため好ましくない。

【0024】条件式(8)の上限を越える場合には、ペッツバル和の補正が不十分となり、像の平坦性の悪化を招くため好ましくない。条件式(8)の下限を越える場合には、高次の球面収差の発生原因となりコントラストの悪化を招くため好ましくない。条件式(9)の上限を越える場合には、全系の長大化および径の拡大を招くため好ましくない。条件式(9)の下限を越えると、高次の球面収差およびコマが発生し、像の悪化を招くため好ましくない。

【0025】条件式(10)の上限を越える場合には、第5レンズ群G5の有効径の拡大を招くため好ましくない。一方、条件式(10)の下限を越える場合には、高次のコマ収差が発生し、像の悪化を招き好ましくない。さて、本発明においては、投影光学系を構成する各光学素子のうち最大有効径をEφとし、第2物体上での最大像高をHiとし、投影光学系の第2物体側の最大開口数をNAとすると、以下の条件式(11)を満足することが好ましい。

【0026】

【数3】

なり、他のレンズ群のスペースが小さくなる。その結果、収差補正に十分なレンズ配置を実現できなくなり、十分な光学性能を達成できなくなるので好ましくない。また、条件式(11)の下限を越える場合には、負のパワーのレンズ群に対して、正レンズ群である第1レンズ群G1、第3レンズ群G3、第5レンズ群G5または第6レンズ群G6のパワーが大きくなり、高次の球面収

差、コマやディストーションが特に悪化し、十分な光学性能を達成できなくなるので好ましくない。

【0028】次に、本発明の投影光学系を備えた投影露光装置の構成について図7を参照して説明する。図7は、本例の投影光学系PLを備えた投影露光装置を示し、この図7において、投影光学系PLの物体面には所定の回路パターンが形成された投影原版としてのレチクルR（第1物体）が配置され、投影光学系PLの像面には、基板としてのフォトリソが塗布されたウエハW（第2物体）が配置されている。レチクルRはレチクルステージRS上に保持され、ウエハWはウエハステージWS上に保持される。そして、レチクルRの上方には、光源LSからの光に基づいてレチクルRを均一照明するための照明光学系ISが配置されている。

【0029】本例の投影光学系PLは、瞳位置に可変の開口絞りASを有すると共に、レチクルR側及びウエハW側において、実質的にテレセントリックとなっている。そして、光源LSは、KrFエキシマレーザ光源からなり、波長248nmの露光光を供給する。なお、なお、露光用の光源としては、波長193nmのArFエキシマレーザ、波長157nmのF<sub>2</sub>エキシマレーザ、波長147nmのKr<sub>2</sub>レーザ、YAGレーザの高調波、または水銀ランプのi線（波長365nm）等を使用することもできる。

【0030】照明光学系ISは、光源LSからの露光光の照度分布を均一化するためのフライアイレンズ、照明系開口絞り、可変視野絞り（レチクルブラインド）、及びコンデンサレンズ系等から構成されている。照明光学系ISから供給される露光光は、レチクルRを照明し、投影光学系PLの瞳位置（開口絞りASの位置）には照明光学装置IS中の光源の像が形成され、所謂ケーラー照明が行われる。そして、ケーラー照明されたレチクルRのパターンの像が、投影光学系PLを介して投影倍率 $\beta$ （ $|\beta|$ は本例では1/4であるが、他に1/5、1/6等もある）で縮小されてウエハW上に露光（転写）される。

【0031】以下、投影光学系PLの光軸AXに平行にZ軸を取り、Z軸に垂直な平面内で図7の紙面に平行にX軸を取り、図7の紙面に垂直にY軸を取って説明する。このとき、レチクルステージRSは、X方向、Y方向、Z軸を中心とした回転方向にレチクルRの位置決めを行い、ウエハステージWSは、ウエハWの表面を投影光学系PLの像面に合わせ込むと共に、X方向、Y方向へのウエハWの位置決めを行う。

【0032】レチクルRとウエハWとを投影光学系PLに対して投影倍率 $\beta$ を速度比として同期走査することにより、レチクルRのパターン像をウエハW上の1つのショット領域へ転写した後、ウエハステージWSをステップング駆動することによって、ウエハW上の次のショット領域へ投影光学系のスリット状の露光領域を移動さ

せ、このショット領域に対して走査露光を行うという動作がステップ・アンド・スキャン方式で繰り返される。なお、本発明の投影光学系は、ウエハW上の1つのショット領域へのレチクルRのパターン像の露光が終わった後、ウエハステージWSをステップング駆動することによって、ウエハW上の次のショット領域を投影光学系PLの露光領域に移動して露光を行うというステップ・アンド・リピート方式（一括露光方式）の投影露光装置にも適用できる。

【0033】

【実施例】以下、本発明にかかる投影光学系の数値実施例について図面を参照して説明する。ここで、図1は第1実施例の投影光学系のレンズ断面図であり、図4は第2実施例の投影光学系のレンズ断面図である。

【第1実施例】図1において、第1実施例の投影光学系は、第1物体（レチクルR）側から順に、正の屈折力の第1レンズ群G1と、負の屈折力の第2レンズ群G2と、正の屈折力の第3レンズ群G3と、負の屈折力G4と、正の屈折力の第5レンズ群G5と正の屈折力の第6レンズ群G6とから構成される。

【0034】第1レンズ群G1は、第1物体側から順に、第1物体側に凸の負のメニスカスレンズL11、両凸レンズL12、両凸レンズL13、及び第1物体側に凸の正のメニスカスレンズL14からなる。第2レンズ群G2は、第1物体側へ凸の負のメニスカスレンズL21、第1物体側へ凸の負のメニスカスレンズL22、両凹レンズL23、及び両凹レンズL24からなる。

【0035】第3レンズ群G3は、第2物体側に凸の正のメニスカスレンズL31、第2物体側に凸の負のメニスカスレンズL32、第2物体側に凸の正のメニスカスレンズL33、両凸レンズL34、両凸レンズL35、第1物体側に正のメニスカスレンズL36、及び第1物体側に正のメニスカスレンズL37からなる。第4レンズ群G4は、第1物体側に凸の負メニスカスレンズL41、両凹レンズL42、第2物体側に凸の負のメニスカスレンズL43、及び第2物体側に凸の負のメニスカスレンズL44からなる。

【0036】第5レンズ群G5は、第2物体側に凸の正のメニスカスレンズL51、第2物体側に凸の正メニスカスレンズL52、両凸レンズL53、第2物体側に凸の負メニスカスレンズL54、第1物体側に凸の正メニスカスレンズL55、第1物体側に凸の正メニスカスレンズL56、第1物体側に凸の正メニスカスレンズL57、第1物体側に凸の正メニスカスレンズL58、及び第2物体側に凹の負メニスカスレンズL59からなる。

【0037】第6レンズ群G6は、第1物体側に凸の正メニスカスレンズL61からなる。そして、本実施例では、開口絞りASは、第5レンズ群G5中の第2物体側に凸の正メニスカスレンズL52と両凸レンズL53との間の光路中に配置されている。ここで、第3レンズ群

G3においては、第2物体側に凸の正のメニスカスレンズL33、両凸レンズL34、両凸レンズL35、第1物体側に正のメニスカスレンズL36、及び第1物体側に正のメニスカスレンズL37が連続して配置された少なくとも5枚の正レンズに対応している。また、第5レンズ群G5においては、第2物体側に凹の負メニスカスレンズL59が最も第2物体側に配置されて第2物体側に凹面を向けた第1の負レンズG5n1に対応し、第2物体側に凸の負メニスカスレンズL54が第2の負レンズG5n2に対応し、第1物体側に凸の正メニスカスレンズL55、第1物体側に凸の正メニスカスレンズL56、第1物体側に凸の正メニスカスレンズL57、及び第1物体側に凸の正メニスカスレンズL58が第1及び第2の負レンズG1n1、G5n2の間に配置される少なくとも4枚の正のメニスカスレンズに対応している。次に、この第1の実施の形態の投影光学系の諸元の値を表1に掲げる。但し、表1において、D0はレチクルR（第1物体）から第1レンズ群G1の最もレチクルR側のレンズ面までの光軸上の距離、WDは第6レンズ群G6の最もウエハW（第2物体）側のレンズ面からウエハ

D0=96.043  
WD=22.179  
 $|\beta|=1/4$   
NA=0.68  
 $\phi EX=26.4$   
TT=1247.903  
PEN=6530.733  
E $\phi$ =268.51

Wまでの光軸上の距離（作動距離）、 $\beta$ は投影光学系の投影倍率、NAは投影光学系のウエハW側の開口数、 $\phi EX$ は投影光学系のウエハW面における円形の露光領域（投影領域）の直径、TTは物像間（レチクルRとウエハWとの間）の光軸上の距離、PENは最もレチクルR側に位置するレンズのレチクルR側レンズ面から近軸入射瞳位置までの距離、E $\phi$ は各レンズ面の最大有効径であり、距離、又は長さの単位は一例としてmmである。さらに、表1の下欄において、左端の数字はレチクルR（第1物体）側からのレンズ面の順序を示し、Rdiの列には当該レンズ面の曲率半径を示し、Thiの列には当該レンズ面から次のレンズ面までの間隔を示し、Glaの列には硝材の種類を示し、CLの列には当該レンズ面の有効径を示している。

【0038】なお、本実施例では、硝材として合成石英（SiO<sub>2</sub>）を用いており、この露光波長（248.4nm）における屈折率は1.50839である。

【0039】

【表1】

	Rdi	Thi	Gla	CL	(物体面)
0:	$\infty$	96.043			
1:	1410.751	13.279	SiO <sub>2</sub>	140.52	L11
2:	286.107	4.853		144.55	
3:	363.441	23.160	SiO <sub>2</sub>	146.36	L12
4:	-572.117	1.742		148.91	
5:	340.506	22.423	SiO <sub>2</sub>	152.27	L13
6:	-889.282	1.181		152.16	
7:	297.190	21.855	SiO <sub>2</sub>	150.69	L14
8:	-816.455	0.445		148.55	
9:	254.111	32.130	SiO <sub>2</sub>	141.94	L21
10:	122.930	18.432		122.40	
11:	484.465	11.968	SiO <sub>2</sub>	121.16	L22
12:	138.856	28.315		116.46	
13:	-265.568	16.192	SiO <sub>2</sub>	117.59	L23
14:	286.107	25.171		124.59	
15:	-153.120	19.246	SiO <sub>2</sub>	127.36	L24
16:	2955.373	15.968		151.90	
17:	-274.463	22.234	SiO <sub>2</sub>	156.37	L31
18:	-169.454	11.188		167.74	
19:	-131.939	19.889	SiO <sub>2</sub>	169.95	L32



20:	-183.868	1.711		196.12	
21:	-384.358	35.921	SiO <sub>2</sub>	212.78	L33
22:	-190.941	1.841		225.65	
23:	733.657	39.268	SiO <sub>2</sub>	259.40	L34
24:	-493.973	4.165		262.35	
25:	620.058	39.286	SiO <sub>2</sub>	268.51	L35
26:	-600.217	4.465		268.14	
27:	293.156	39.120	SiO <sub>2</sub>	253.58	L36
28:	2955.239	3.832		246.97	
29:	240.982	34.910	SiO <sub>2</sub>	224.99	L37
30:	522.255	6.281		209.90	
31:	637.048	26.927	SiO <sub>2</sub>	205.49	L41
32:	135.919	46.422		166.84	
33:	-342.725	13.286	SiO <sub>2</sub>	162.87	L42
34:	234.311	37.570		157.48	
35:	-165.909	12.049	SiO <sub>2</sub>	158.03	L43
36:	-318.645	17.236		167.33	
37:	-159.707	18.219	SiO <sub>2</sub>	169.01	L44
38:	-2087.962	15.068		195.62	
39:	-406.729	26.952	SiO <sub>2</sub>	200.47	L51
40:	-206.783	15.340		209.57	
41:	-2955.521	37.102	SiO <sub>2</sub>	237.15	L52
42:	-266.840	1.500		241.95	
43:	∞	2.275		248.83	(開口絞り)
44:	462.640	49.887	SiO <sub>2</sub>	258.37	L53
45:	-429.950	12.884		259.51	
46:	-278.133	24.017	SiO <sub>2</sub>	259.36	L54
47:	-403.953	15.838		267.30	
48:	290.730	35.669	SiO <sub>2</sub>	267.82	L55
49:	1380.582	2.058		264.69	
50:	243.631	32.809	SiO <sub>2</sub>	252.07	L56
51:	738.201	0.395		246.74	
52:	166.756	32.066	SiO <sub>2</sub>	220.23	L57
53:	332.971	2.190		211.54	
54:	140.353	30.835	SiO <sub>2</sub>	184.51	L58
55:	248.895	12.467		168.18	
56:	509.920	17.679	SiO <sub>2</sub>	159.63	L59
57:	77.687	30.408		113.56	
58:	79.827	40.069	SiO <sub>2</sub>	93.99	L61
59:	433.159	22.179		65.49	

次の表2に第1実施例の条件対応値を示す。

【0040】

【表2】 [条件対応値]

(1)	1.066
(2)	1.476
(3)	0.839
(4)	5.233
(5)	0.156
(6)	0.058
(7)	0.109

(8) 0.061

(9) 0.094

(10) 0.149

(11) 10.802

図2及び図3に第1実施例の投影光学系の諸収差図を示す。ここで、図2は、第1実施例の投影光学系の縦収差図であり、図2(a)は球面収差図、図2(b)は非点収差図、図2(c)は歪曲収差図(ディストーション)である。また、図3は第1実施例の投影光学系の横収差図(コマ収差図)であり、図3(a)は物体高Y=5

2. 8mmにおけるタンジェンシャル方向(子午方向)の横収差図、図3(b)は物体高 $Y=36.96\text{mm}$ におけるタンジェンシャル方向の横収差図、図3(c)は物体高 $Y=26.4\text{mm}$ におけるタンジェンシャル方向の横収差図、図3(d)は物体高 $Y=15.84\text{mm}$ におけるタンジェンシャル方向の横収差図、図3(e)は物体高 $Y=0.0\text{mm}$ におけるタンジェンシャル方向の横収差図、図3(f)は物体高 $Y=52.8\text{mm}$ におけるサジタル方向(子午方向)の横収差図、図3(g)は物体高 $Y=36.96\text{mm}$ におけるサジタル方向の横収差図、図3(h)は物体高 $Y=26.4\text{mm}$ におけるサジタル方向の横収差図、図3(i)は物体高 $Y=15.84\text{mm}$ におけるサジタル方向の横収差図、図3(j)は物体高 $Y=0.0\text{mm}$ におけるサジタル方向の横収差図である。なお、図2及び図3は、波長 $248.4\text{nm}$ の光を用いてウエハW側から光線追跡することにより得られている

ここで、図2(b)の非点収差図において、破線は子午的像面(タンジェンシャル像面)、実線は球欠像面(サジタル像面)を示している。

【0041】これらの収差図より、本例の投影光学系は、0.68という大きな開口数でありながら、直径 $26.4\text{mm}$ という十分に広い露光領域内の全体にわたって極めて良好に収差補正がなされ、高い解像力を有していることが明らかである。

【第2実施例】図4において、第2実施例の投影光学系は、第1物体(レチクルR)側から順に、正の屈折力の第1レンズ群G1と、負の屈折力の第2レンズ群G2と、正の屈折力の第3レンズ群G3と、負の屈折力G4と、正の屈折力の第5レンズ群G5と正の屈折力の第6レンズ群G6とから構成される。

【0042】第1レンズ群G1は、第1物体側から順に、第1物体側に凸の負のメニスカスレンズL11、両凸レンズL12、両凸レンズL13、及び第1物体側に凸の正のメニスカスレンズL14からなる。第2レンズ群G2は、第1物体側から順に、第1物体側へ凸の負のメニスカスレンズL21、第1物体側へ凸の負のメニスカスレンズL22、第1物体側へ凸の負のメニスカスレンズL23、両凹レンズL24、及び両凹レンズL25からなる。

【0043】第3レンズ群G3は、第1物体側から順に、第2物体側に凸の正のメニスカスレンズL31、第2物体側に凸の負のメニスカスレンズL32、第2物体側に凸の正のメニスカスレンズL33、両凸レンズL34、両凸レンズL35、第1物体側に凸の正のメニスカスレンズL36、及び第1物体側に凸の正のメニスカスレンズL37からなる。

【0044】第4レンズ群G4は、第1物体側から順に、第1物体側に凸の負メニスカスレンズL41、両凹レンズL42、第2物体側に凸の負のメニスカスレン

ズL43、及び第2物体側に凸の負のメニスカスレンズL44からなる。第5レンズ群G5は、第1物体側から順に、第2物体側に凸の正のメニスカスレンズL51、第2物体側に凸の正メニスカスレンズL52、両凸レンズL53、第2物体側に凸の負メニスカスレンズL54、第1物体側に凸の正メニスカスレンズL55、第1物体側に凸の正メニスカスレンズL56、第1物体側に凸の正メニスカスレンズL57、第1物体側に凸の正メニスカスレンズL58、及び第2物体側に凹の負メニスカスレンズL59からなる。

【0045】第6レンズ群G6は、物体側に凸の正メニスカスレンズL61からなる。そして、本実施例では、開口絞りASは、第2物体側に凸の正のメニスカスレンズL51と第2物体側に凸の正メニスカスレンズL52との間の光路中に配置されている。

【0046】ここで、第3レンズ群G3においては、第2物体側に凸の正のメニスカスレンズL33、両凸レンズL34、両凸レンズL35、第1物体側に凸の正のメニスカスレンズL36、及び物体側に正のメニスカスレンズL37が連続して配置された少なくとも5枚の正レンズに対応している。また、第5レンズ群G5においては、第2物体側に凹の負メニスカスレンズL59が最も第2物体側に配置されて第2物体側に凹面を向けた第1の負レンズG5n1に対応し、第2物体側に凸の負メニスカスレンズL54が第2の負レンズG5n2に対応し、第1物体側に凸の正メニスカスレンズL55、第1物体側に凸の正メニスカスレンズL56、第1物体側に凸の正メニスカスレンズL57、及び第1物体側に凸の正メニスカスレンズL58が第1及び第2の負レンズG1n1、G5n2の間に配置される少なくとも4枚の正のメニスカスレンズに対応している。

【0047】次に、この第2の実施の形態の投影光学系の諸元の値を表3に掲げる。但し、表3において、D0はレチクルR(第1物体)から第1レンズ群G1の最もレチクルR側のレンズ面までの光軸上の距離、WDは第6レンズ群G6の最もウエハW(第2物体)側のレンズ面からウエハWまでの光軸上の距離(作動距離)、 $\beta$ は投影光学系の投影倍率、NAは投影光学系のウエハW側の開口数、 $\phi EX$ は投影光学系のウエハW面における円形の露光領域(投影領域)の直径、TTは物像間(レチクルRとウエハWとの間)の光軸上の距離、PENは最もレチクルR側に位置するレンズのレチクルR側レンズ面から近軸入射瞳位置までの距離、 $E\phi$ は各レンズ面の最大有効径であり、距離、又は長さの単位は一例としてmmである。さらに、表3の下欄において、左端の数字はレチクルR(第1物体)側からのレンズ面の順序を示し、Rdiの列には当該レンズ面の曲率半径を示し、Thiの列には当該レンズ面から次のレンズ面までの間隔を示し、Glaの列には硝材の種類を示し、CLの列には当該レンズ面の有効径を示している。

【0048】なお、本実施例では、硝材として合成石英( $\text{SiO}_2$ )を用いており、この露光波長(248.4 nm)における屈折率は1.50839である。

DO=96.659  
WD=22.043  
 $|\beta|=1/4$   
NA=0.68  
 $\phi EX=26.4$   
TT=1251.845  
PEN=6681.892  
E $\phi=269.36$

【0049】  
【表3】

	R d i	T h i	G l a	C L	(物体面)
0:	$\infty$	96.659			
1:	1438.276	13.263	$\text{SiO}_2$	139.68	L11
2:	284.804	5.929		143.71	
3:	365.511	23.295	$\text{SiO}_2$	146.17	L12
4:	-575.548	1.854		148.79	
5:	342.142	22.332	$\text{SiO}_2$	152.21	L13
6:	-896.080	1.005		152.13	
7:	298.099	21.660	$\text{SiO}_2$	150.75	L14
8:	-820.353	0.338		148.69	
9:	254.423	14.783	$\text{SiO}_2$	142.21	L21
10:	300.199	2.830		135.93	
11:	300.049	16.916	$\text{SiO}_2$	134.52	L22
12:	122.943	15.828		121.72	
13:	483.013	12.272	$\text{SiO}_2$	121.00	L23
14:	138.969	28.794		116.31	
15:	-266.111	16.468	$\text{SiO}_2$	117.55	L24
16:	286.995	25.413		124.67	
17:	-153.217	19.219	$\text{SiO}_2$	127.59	L25
18:	3069.581	15.854		152.20	
19:	-274.830	21.959	$\text{SiO}_2$	156.57	L31
20:	-169.667	10.922		167.74	
21:	-131.827	20.290	$\text{SiO}_2$	169.74	L32
22:	-184.223	1.929		196.35	
23:	-385.214	36.003	$\text{SiO}_2$	213.29	L33
24:	-191.138	1.802		226.17	
25:	735.961	39.270	$\text{SiO}_2$	260.15	L34
26:	-494.755	4.269		263.09	
27:	620.479	39.395	$\text{SiO}_2$	269.36	L35
28:	-600.351	4.772		269.00	
29:	292.929	39.163	$\text{SiO}_2$	254.29	L36
30:	2984.342	3.993		247.75	
31:	240.663	34.685	$\text{SiO}_2$	225.46	L37
32:	523.972	6.287		210.63	
33:	634.418	26.718	$\text{SiO}_2$	206.13	L41
34:	136.116	47.105		167.41	
35:	-343.357	13.567	$\text{SiO}_2$	163.17	L42
36:	234.880	37.913		157.67	

37:	-166.056	12.127	SiO <sub>2</sub>	158.25	L43
38:	-318.376	17.376		167.54	
39:	-159.843	18.188	SiO <sub>2</sub>	169.24	L44
40:	-2074.367	15.138		195.77	
41:	-406.816	26.904	SiO <sub>2</sub>	200.66	L51
42:	-206.964	15.208		209.70	
43:	-2938.156	36.998	SiO <sub>2</sub>	237.04	L52
44:	-267.770	1.500		241.83	
45:	∞	2.390		248.59	(開口絞り)
46:	463.037	49.902	SiO <sub>2</sub>	258.05	L53
47:	-429.947	12.839		259.19	
48:	-277.812	23.869	SiO <sub>2</sub>	259.05	L54
49:	-403.914	15.824		266.92	
50:	291.479	35.628	SiO <sub>2</sub>	267.34	L55
51:	1377.065	2.012		264.16	
52:	243.825	32.795	SiO <sub>2</sub>	251.66	L56
53:	739.673	0.416		246.29	
54:	166.825	32.168	SiO <sub>2</sub>	219.93	L57
55:	333.824	2.390		211.11	
56:	140.430	30.729	SiO <sub>2</sub>	184.03	L58
57:	249.605	12.480		167.75	
58:	508.642	17.523	SiO <sub>2</sub>	159.01	L59
59:	77.736	30.354		113.37	
60:	79.768	40.292	SiO <sub>2</sub>	93.79	L61
61:	435.213	22.043		65.03	

次の表4に第2実施例の条件対応数値を示す。

【0050】

【表4】 [条件対応値]

- (1) 1.066
- (2) 1.474
- (3) 0.839
- (4) 5.383
- (5) 0.156
- (6) 0.058
- (7) 0.109
- (8) 0.058
- (9) 0.094
- (10) 0.148
- (11) 10.789

図5及び図6に第2実施例の投影光学系の諸収差図を示す。ここで、図5は、第2実施例の投影光学系の縦収差図であり、図5(a)は球面収差図、図5(b)は非点収差図、図5(c)は歪曲収差図(ディストーション)である。また、図6は第2実施例の投影光学系の横収差図(コマ収差図)であり、図6(a)は物体高Y=52.8mmにおけるタンジェンシャル方向(子午方向)の横収差図、図6(b)は物体高Y=36.96mmにおけるタンジェンシャル方向の横収差図、図6(c)は物体高Y=26.4mmにおけるタンジェンシャル方向の横収差図、図6(d)は物体高Y=15.84mmに

におけるタンジェンシャル方向の横収差図、図6(e)は物体高Y=0.0mmにおけるタンジェンシャル方向の横収差図、図6(f)は物体高Y=52.8mmにおけるサジタル方向(子午方向)の横収差図、図6(g)は物体高Y=36.96mmにおけるサジタル方向の横収差図、図6(h)は物体高Y=26.4mmにおけるサジタル方向の横収差図、図6(i)は物体高Y=15.84mmにおけるサジタル方向の横収差図、図6(j)は物体高Y=0.0mmにおけるサジタル方向の横収差図である。なお、図5及び図6は、波長248.4nmの光を用いてウェハW側から光線追跡することにより得られている

ここで、図5(b)の非点収差図において、破線は子午的像面(タンジェンシャル像面)、実線は球欠像面(サジタル像面)を示している。

【0051】これらの収差図より、本例の投影光学系は、0.68という大きな開口数でありながら、直径26.4mmという十分に広い露光領域内の全体にわたって極めて良好に収差補正がなされ、高い解像力を有していることが明らかである。次に、上記の実施の形態の投影露光装置を用いてウェハ上に所定の回路パターンを形成する際の動作の一例につき図8のフローチャートを参照して説明する。

【0052】先ず、図8のステップ101において、1ロットのウェハ上に金属膜が蒸着される。次のステップ

102において、その1ロットのウエハ上の金属膜上にフォトリソが塗布される。その後、ステップ103において、第1または第2実施例（図1または図4）の投影光学系PLを備えた図7の投影露光装置を用いて、レチクルR上のパターンの像がその反射屈折光学系Cを介して、その1ロットのウエハ上の各ショット領域に順次露光転写される。その後、ステップ104において、その1ロットのウエハ上のフォトリソの現像が行われた後、ステップ105において、その1ロットのウエハ上でレジストパターンをマスクとしてエッチングを行うことによって、レチクルR上のパターンに対応する回路パターンが、各ウエハ上の各ショット領域に形成される。その後、更に上のレイヤの回路パターンの形成等を行うことによって、極めて微細な回路を有する半導体素子等のデバイスが製造される。

【0053】上記の例においては、投影光学系が波長域が狭帯化された光源と組み合わせ使用されることが前提であったため、投影光学系を構成するレンズの材質を単一の種類（上記の例では合成石英）としたが、広帯域の波長幅の露光光を供給する光源と組み合わせる際には、投影光学系を構成するレンズの材質を複数種類とすれば良い。この場合、レンズの材質としては、蛍石（ $\text{CaF}_2$ ）などを適用することができる。

【0054】なお、本発明は上述の実施の形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得ることは勿論である。

【0055】

【発明の効果】以上の通り本発明によれば、十分な露光

範囲を有しつつ、大きな開口数を持つ投影光学系を実現できる。そして、本発明にかかる投影光学系を備えた投影露光装置では、高い解像度のもとで大きな露光範囲を露光できるため、極めて微細な回路パターンを高いスループットのもとで感光性基板上へ転写できる。さらに、本発明のデバイス製造方法によれば、高集積度のデバイスを高いスループットのもとで製造できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例の投影光学系のレンズ断面図である。

【図2】第1実施例の投影光学系の縦収差図である。

【図3】第1実施例の投影光学系の横収差図である。

【図4】本発明の第2実施例の投影光学系のレンズ断面図である。

【図5】第2実施例の投影光学系の縦収差図である。

【図6】第2実施例の投影光学系の横収差図である。

【図7】本発明の実施の形態にかかる投影露光装置を概略的に示す図である。

【図8】本発明のデバイス製造方法を示すフローチャート図である。

【符号の説明】

PL：投影光学系

G1：第1レンズ群

G2：第2レンズ群

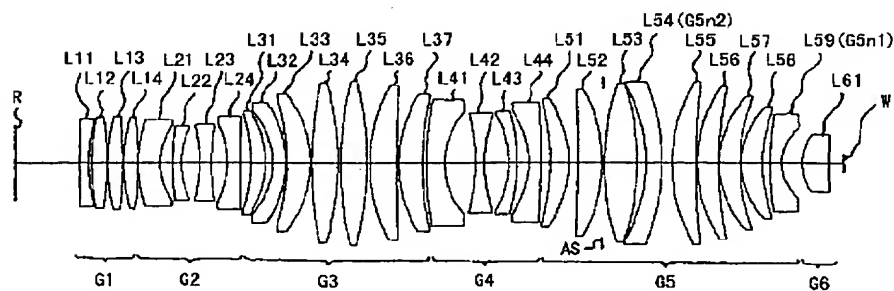
G3：第3レンズ群

G4：第4レンズ群

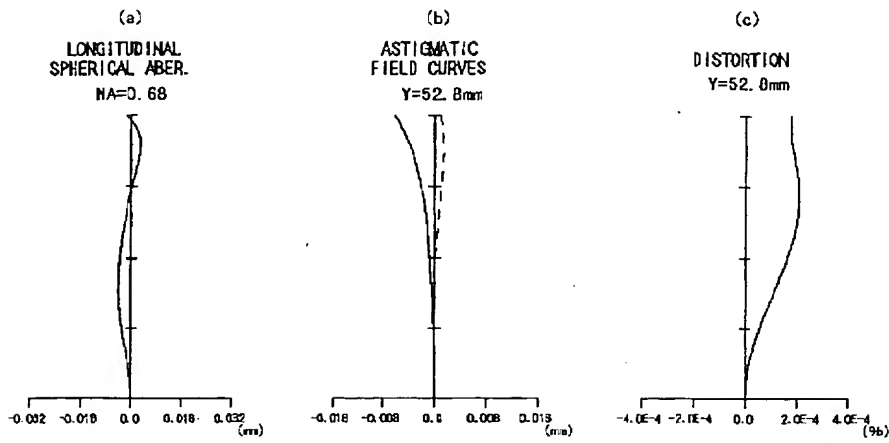
G5：第5レンズ群

G6：第6レンズ群

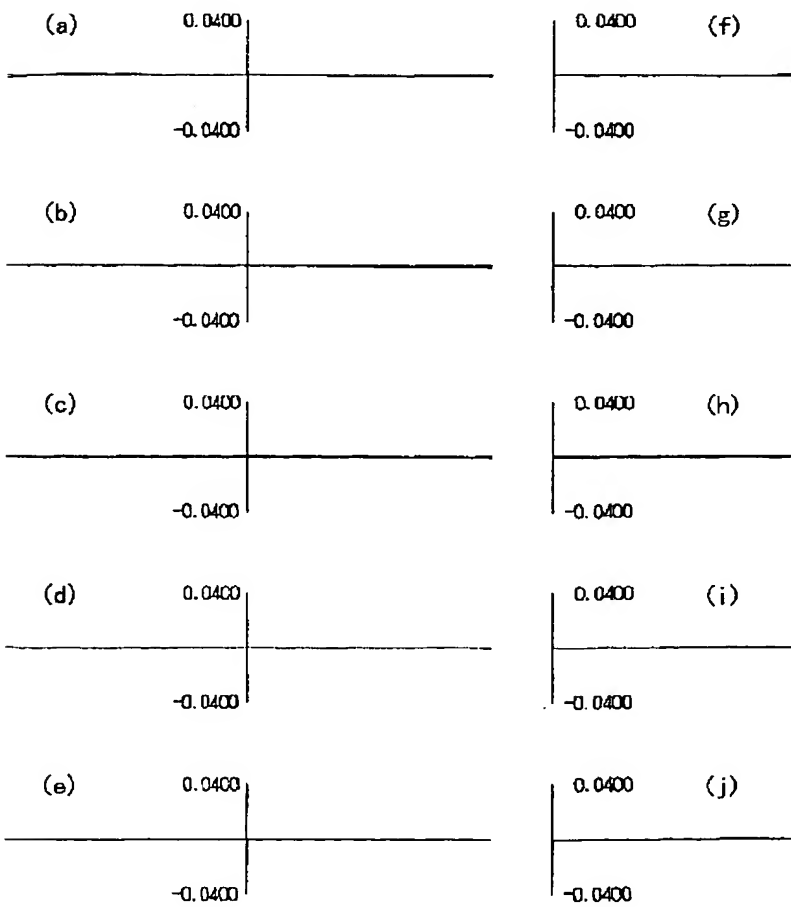
【図1】



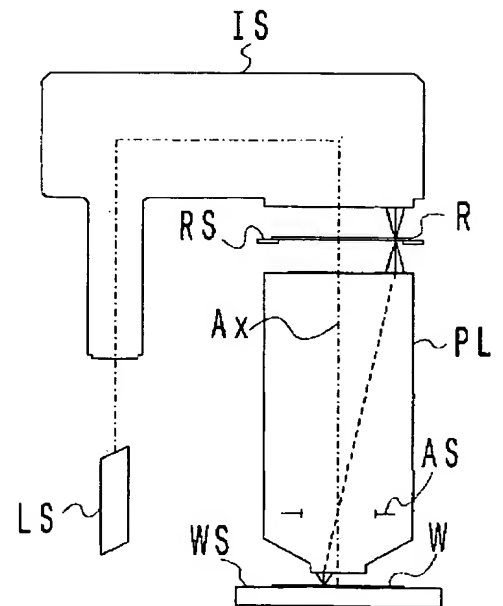
【図2】



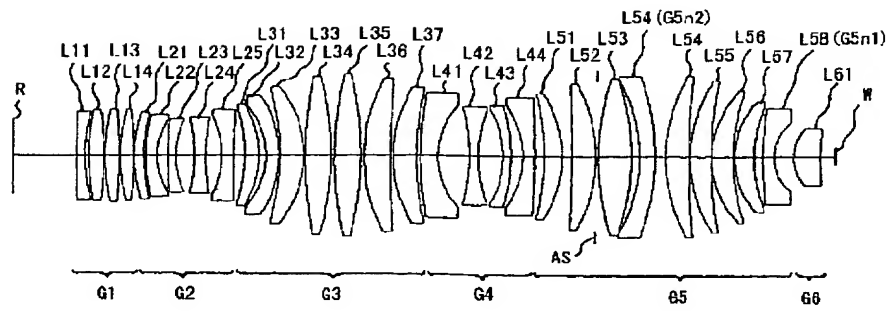
【図3】



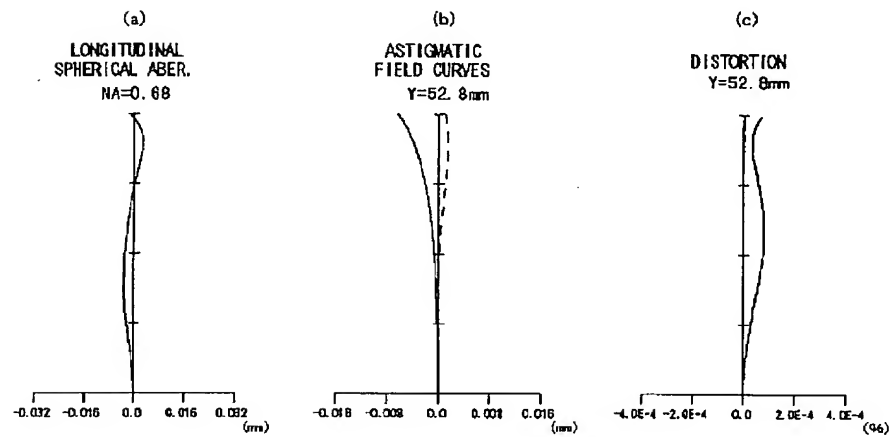
【図7】



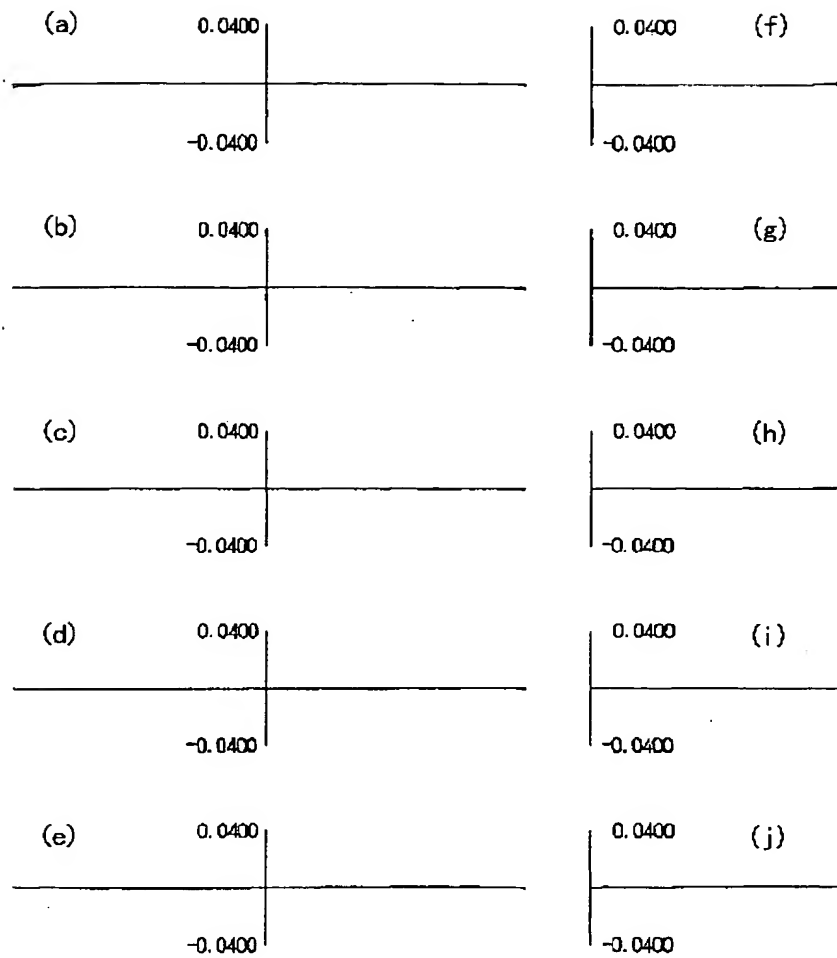
【図4】



【図5】



【図6】





【図8】

